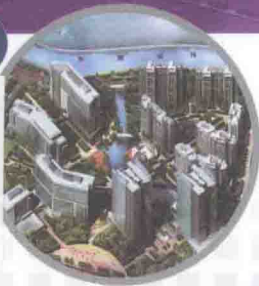




智能电网系列书

现代化工业园区 电能质量分析与治理措施

主 编 孙轶群
副主编 何国军 徐瑞林 陈 涛



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



智能电网系列书

现代化工业园区 电能质量分析与治理措施

主 编 孙轶群

副主编 何国军 徐瑞林 陈 涛_(女)

参 编 张 捷 成 涛 刘国平 朱小军

吕志盛 何 宁 印 华 廖玉祥

李俊杰 刘 玲 黄 淼 文一字

张晓勇 胡晓锐 陈 涛_(男) 张 林



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

大量经济开发区、工业园区等经济集群体的建设对供电可靠性及供电质量提出了新的要求。本书旨在让人们了解现代化工业园区对供电技术的要求,以及如何提高供电质量,更好地理解智能电网下电能质量评估与控制技术。

全书分为9章,以工业园区的电能质量治理方案为基础,介绍了电能质量的基本概念与相关技术,包括电能质量的概念、电能质量问题的危害及治理方案;现代化工业园区的用电特点、存在的电能质量问题;工业园区电能质量问题相关的仿真技术、监测技术及治理措施;最后以重庆西永微电子工业园区为案例,介绍了工业园区提高供电质量的方案与相关技术。

本书可以作为从事智能电网与电能质量管理技术人员和相关专业学生的参考用书,也可以作为了解电能质量知识的普及读物。

图书在版编目(CIP)数据

现代化工业园区电能质量分析与治理措施/孙轶群主编. —北京:中国电力出版社, 2015.3

ISBN 978-7-5123-6967-2

I. ①现… II. ①孙… III. ①工业园区-电能-质量分析②工业园区-电能-质量控制 IV. ①TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 309378 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015年3月第一版 2015年3月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 17.5印张 233千字

印数 0001—3000册 定价 42.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

经济开发区、工业园区等经济群体对我国经济发展起着关键作用。据统计,计算机、通信、电子制造、半导体等目前仍然是我国各级工业园区的主要产业。随着各种高新技术及新材料的不断出现,这几个产业的生产采用越来越多的精密设备和智能化控制技术,这些精密设备以及智能化控制技术自身对供电质量与供电可靠性要求高,并且还对电网电能质量有影响,这对供电可靠性及供电质量提出了新的要求。近几年来,由于供电质量导致的工业园区的生产事故造成了巨大的经济损失,严重影响了部分高新企业的生产。因此,随着工业园区现代化程度的提高,如何保证工业园区的供电可靠性及供电质量是电力部门亟须解决的问题,包括工业园区的供电方案规划、电能质量治理等。

重庆西永微电子工业园区是一个以计算机、微电子等为主的大规模高新技术产业园,将来要打造成亚洲最大乃至世界最大的笔记本电脑生产基地之一。2009年至今,园区供电系统发生31次电压暂降事件,对园区企业的生产设备造成设备停机、误操作等影响。重庆电力公司对此专门立项,研究大规模精密电子工业园区的电能质量监护与治理方案,并取得了理想的成效,为现代化工业园区的电能质量问题治理提供了支撑。

本书介绍了电能质量的基本概念与相关技术,包括电能质量的概念、电能质量问题的危害以及治理方案。介绍了现代化工业园区的用电特点、存在的电能质量问题,介绍了工业园区电能质量问题相关的仿真技术、监测技术以及治理措施,最后以重庆西永微电子工业园区为案例,介绍了电能质量问题处理用到的各种技术。

本书的第1章介绍了电能质量的基本概念、评估与监测方法及不达标电能质量的危害,让读者对电能质量的基本概念有全面的理解。

第2~4章依次介绍了现代化工业园区的供电特征、典型设备对供电

目 录

前言

第 1 章 电能质量概论	1
1.1 电能质量概念	3
1.1.1 电能质量问题的提出	3
1.1.2 电能质量的基本概念	5
1.1.3 电能质量的特点	8
1.1.4 电能质量标准	9
1.2 电能质量分类	11
1.2.1 按扰动的表现特征分类	11
1.2.2 按扰动的时特性分类	12
1.2.3 按产生电磁现象的方式分类	13
1.2.4 按电磁干扰的现象分类	13
1.3 电能质量评估	14
1.3.1 电能质量的各种评估方式	15
1.3.2 各评估方式之间的关系分析	18
1.3.3 各项基本(单项)指标及限值	19
1.3.4 综合指标 I_G	22
1.4 不达标电能质量的危害	22
1.4.1 影响电能质量的主要因素	22
1.4.2 不同不达标电能质量的危害	23
1.5 电能质量分析方法	27
1.5.1 时域分析方法	28
1.5.2 频域分析方法	30
1.5.3 电能质量的数学分析方法	31

第2章 现代化工业园区供电与用电特征	40
2.1 现代化工业园区供电现状	40
2.1.1 工业园区发展概况	40
2.1.2 工业园区供电现状	41
2.2 中压供电系统现状	44
2.2.1 中压供电系统的概念	44
2.2.2 国内中压配电网发展状况	44
2.2.3 国外 20kV 配电电压使用情况	45
2.3 现代化工业园区典型用电设备特征	47
2.3.1 工业园区敏感用电设备分类	47
2.3.2 工业园区用电设备的电压暂降耐受曲线	51
2.4 现代工业园区供电规划与特点	56
2.4.1 工业园区对电力规划的要求	56
2.4.2 工业园区电能质量研究意义	57
2.4.3 工业园区对电力规划的特点	58
第3章 电能质量问题	60
3.1 电能质量的具体指标	60
3.1.1 电压允许偏差	60
3.1.2 电压波动与闪变	60
3.1.3 三相不平衡度	61
3.1.4 公用电网谐波	61
3.1.5 电网频率	61
3.2 电压波动和闪变	62
3.2.1 电压偏差	62
3.2.2 电压暂降与暂升	63
3.2.3 短时间电压中断	63
3.2.4 长时间电压中断	63
3.2.5 电压波动	64

3.2.6	电压闪变	64
3.2.7	电压波动和闪变的检测方法	68
3.3	电压波动和闪变的抑制	71
3.3.1	静止无功补偿器 (SVC)	72
3.3.2	有源电力滤波器 (APF)	72
3.3.3	动态电压恢复器 (DVR)	73
3.3.4	静止同步补偿器 (STATCOM)	74
3.3.5	统一电能质量控制器 (UPQC)	76
3.4	电力系统三相不平衡	77
3.4.1	三相不平衡计算	77
3.4.2	三相不平衡的改善措施	81
3.5	电力谐波及无功补偿	81
3.5.1	谐波的表示方法	82
3.5.2	谐波特征量	83
3.5.3	电力系统谐波的抑制方法	84
3.5.4	谐波畸变的限制值	87
第4章	功率器件与电能质量	91
4.1	功率器件对电网的影响	91
4.1.1	现代电气设备	91
4.1.2	功率器件的电磁兼容问题	93
4.1.3	功率器件对电网的影响	99
4.2	电网对电气设备的影响	100
4.2.1	电压扰动对电气设备的影响	100
4.2.2	电压暂降灵敏度	102
4.2.3	电压暂降的缓解和抑制	106
第5章	分布式电源与电能质量	112
5.1	典型分布式电源	112
5.1.1	太阳能光伏发电	113

5.1.2	风力发电	114
5.1.3	微型燃气轮机	115
5.1.4	燃料电池	116
5.2	分布式电源对电网电能质量的影响	116
5.2.1	分布式电源并网对电能质量的有利和不利影响	116
5.2.2	配电网拓扑结构对电能质量影响的分析	119
5.2.3	分布式发电引起电能质量新问题	126
5.3	分布式电源的控制与运行	128
5.3.1	逆变型分布式电源的工作原理	128
5.3.2	逆变型分布式电源控制方式及故障响应	129
5.3.3	逆变型分布式电源建模与仿真	134
第6章	现代化工业园区电能质量治理方案	139
6.1	工业园区电能质量治理	139
6.1.1	工业园区中电能质量特点	139
6.1.2	工业园区中电能质量问题	140
6.1.3	工业园区电能质量治理的意义	141
6.2	工业园区谐波的抑制	142
6.2.1	减少谐波源的谐波含量	143
6.2.2	在电容器回路串接电抗器	145
6.2.3	安装交流滤波器	146
6.2.4	采用有源滤波器	147
6.2.5	加大供电系统容量和合理选择供电电压	148
6.2.6	采用相数倍增法	149
6.3	工业园区电压波动的抑制	150
6.3.1	抑制电压波动的措施	150
6.3.2	国内外抑制电压波动的装置	151
6.3.3	主要补偿装置及方式	153
6.4	三相不平衡的改善	163

6.4.1	三相不平衡化的基本原理	163
6.4.2	理想补偿导纳网络	164
6.4.3	用功率表示的负荷补偿	165
6.4.4	一般负荷的平衡化公式	166
6.4.5	平衡化装置	166
第7章 基于 Simulink 的电能质量仿真		168
7.1	Simulink 的简介	168
7.2	供电系统故障仿真与分析	170
7.2.1	仿真目的	170
7.2.2	三相供电系统模型建立	171
7.2.3	仿真结果与分析	173
7.3	电能质量谐波仿真与分析	177
7.3.1	仿真目的	177
7.3.2	谐波信号模型建立	178
7.3.3	Matlab 小波分析	182
7.4	DVR 补偿的电压质量仿真与分析	186
7.4.1	仿真目的	186
7.4.2	DVR 简介	187
7.4.3	DVR 系统模型实现	188
7.4.4	仿真结果与分析	196
第8章 工业园区电能质量监测系统方案		201
8.1	基于 Web 技术的电能质量监测结构设计	201
8.1.1	系统设计思路	203
8.1.2	技术要求	204
8.1.3	基于 Web 技术的 B/S 模型 3 层体系结构	205
8.1.4	主站管理系统功能模块	208
8.2	通信接口与数据格式 (电能质量交换格式)	218
8.2.1	物理层结构	219

8.2.2	逻辑层结构	221
8.2.3	压缩规则	225
8.2.4	电能质量数据交换格式 PQDIF 的实现	226
8.2.5	文件目录结构	227
8.3	电能质量监测分析系统软件设计	229
8.3.1	软件的总体设计方案	229
8.3.2	数据传输模块的设计	230
8.3.3	数据分析模块的设计	230
第 9 章	大规模精密电子工业园区电能质量治理案例	234
9.1	园区供电方案	234
9.1.1	整体概况	234
9.1.2	园区企业用电情况	235
9.2	园区用电设备与电能质量问题	244
9.2.1	园区用户用电特点	244
9.2.2	园区电能质量问题	245
9.3	园区电能质量监测	249
9.3.1	数据库系统功能设计 (数据预处理)	249
9.3.2	数据库结构设计与实现	250
9.4	园区实测电能质量数据分析	252
9.5	园区谐波发射水平评估	255
9.5.1	基本原理	255
9.5.2	仿真计算	256
9.5.3	采用偏最小二乘回归法及二元回归法的评估结果	259
9.6	园区电能质量综合治理方案	261
9.6.1	电网侧电压暂降治理措施	261
9.6.2	用户侧电压暂降治理措施	265

电能质量概论

电能作为一种经济、清洁、容易控制和转换的能源在现代社会得到了广泛的应用，其在当今社会及人们的生活中发挥着非常重要的作用。电能的使用程度在一定程度上标志着一个国家的经济发展水平。随着科学技术的发展和国民经济的增长，人类社会对电能的需求日益增加，高质量的电能对于保障工农业生产和居民正常生活有着重要的意义。为了更好地衡量电能的好坏，人们提出了电能质量的概念。

电能质量具有现象的动态性、扰动的潜在性、责任的特殊性、评估的复杂性和控制的整体性等特点；电能质量问题对电网本身以及电力用户都会造成很大的伤害。通过提高电能质量来适应现代生产发展的需要，已经成为我国供用电双方的共同愿望。电能质量问题已是电能供应市场的核心问题之一。随着时代进步与科技的飞速发展，现代电网与负荷构成出现新的变化趋势，由此带来的电能质量问题越来越引起电力部门和电力用户的高度重视。

一次能源的不断消耗，导致并网新能源容量快速增长。2013 年新增光伏发电装机容量 1292 万 kW，新增风电并网容量 1449 万 kW。截至 2013 年底，全国累计并网运行光伏发电装机容量 1942 万 kW，累计并网风电容量 7716 万 kW，中国风电并网容量就已经超过美国，成为世界第一风电大国。目前的统计数据表明风力发电和光伏发电等分布式发电技术已成为最具开发潜力的可再生能源发电技术。为保证可再生能源的最大利用率，新能源发电系统并网都需采用适当控制策略尽可能保证有功功率的最大输出，由于并网新能源电源的输出功率存在较大随机波动，间歇性的功率波动将对大电网的电能质量造成不利影响。此外，通常新

能源发电系统大部分采用电力电子装置实现并网，电力电子装置产生的电压电流谐波也是不可避免的，甚至电网不对称故障产生的负序电压以及电网自身的电压谐波，与新能源发电站变流器相互作用，将导致变流器产生附加谐波电流。

随着电力电子设备的大量应用，非线性负荷已经成为电力系统负荷的重要组成部分。据统计，目前 20% 的电力负荷通过各种形式的功率交换来实现，交流电弧炉、轧机等大量冲击性负荷引起的电压波动及闪变更是人们头疼的问题。电力系统的非线性负荷大致有以下几类：①大功率可控硅整流装置；②交流炼钢电弧炉及轧机；③节能型家用电器；④自饱和、可控饱和电抗器；⑤大型变压器的励磁回路；⑥高频感应加热炉；⑦电石炉。

非线性负荷对电网电能质量的影响主要表现在：①大量的谐波污染。所有的非线性负荷都不同程度地产生谐波，冲击性负荷特别是炼钢电弧炉几乎产生连续频谱的谐波电流，甚至产生大量的分数次谐波。②引起电压波动及电压闪变。③产生负序电流。负序电流的产生主要是由于非线性负荷的不对称性引起的。

随着现代工业化的深入发展以及第三次工业革命的到来，越来越多的精密和复杂电子设备在各个工业领域得到广泛的应用。精密和复杂电子设备对供电质量和高可靠性有着较高的要求，供电不可靠以及电能质量不达标将对这些设备产生损害，具体包括：①电涌对设备的破坏。例如电压击穿半导体器件、破坏元器件金属表层、破坏印刷电路印制线路或接触点、破坏三端双向可控硅元件/晶闸管等。②电涌对设备的干扰。例如锁死、晶闸管或三端双向可控硅元件失控，数据文件部分破坏，数据处理程序出错，接收、传输数据的错误和失败，原因不明的故障。③电涌导致的设备过早老化。例如部件提前老化、电器寿命大大缩短、输出音质及画面质量下降等。

在新的供电形势以及供电需求下，如何更加深入地理解现代电能质量问题，如何把提高电能质量与增强竞争意识、电力市场占有率联系起来，如何从技术、经济和运行管理等方面加大力度，保证优质供电，以

最小程度减少对现代工业企业和重要电力用户的影响，既是电力用户需求和电力系统运行给我们提出的新任务，也是信息时代给我们提出的新挑战。

随着我国以特高压电网为骨架的智能电网建设的全面开展，电网质量被赋予了新的内涵与含义。近十几年来，电力科技工作者们根据当代电力系统的特点，对出现的各种各样电能质量现象进行了分类整理和研究，不断地深入分析和探索尚待认识的电磁干扰问题，并且在此基础上部分制定出了科学的符合生产实际的和可操作的考核电能质量的技术经济指标及评估方法，推动了电能质量先进控制技术的实施。所有这些工作都为最终构成一个全面电能质量监督管理体系，真正实现电网的安全稳定和优质经济运行，向用户提供合格的电能和满意的服务提供了理论上和技术上的保证。

1.1 电能质量概念

1.1.1 电能质量问题的提出

电能是电力部门向电力用户提供由发、供、用三方共同保证质量的一种特殊产品，具有产品的若干特征，例如可被测量、预估、保证或改善，也是一种经济、实用、清洁且容易控制和转换的能源形态。随着电力市场的逐步完善以及供电需求的提升，电能作为走进市场的产品，与其他产品一样，其质量要求也越来越高。

根据当代电力系统的特点，相关从事电力研究的工作人员对电能质量给出了不同的解释，目前的主要思路是将电能质量现象视为一个整体进行分类整理和研究，给出统一的科学定义和符合本地区本系统实际情况的质量标准，逐步开展综合治理和法规管理，最终构成电力工业的全面质量管理体系。

电能质量的提高不仅仅只能依靠供电部门，还需要电力用户的努力才可以实现。随着我国经济与生活水平的不断提高，我国对供电的要求

已经从有电可用的阶段提升到了有优质电可用的阶段，其主要原因如下。

(1) 越来越多的精密和复杂电子设备在各个工业领域得到广泛的应用。这些设备与装置都带有功率电子器件，一是其抗电磁干扰能力较低，二是低质量电能对其寿命影响严重，因此这类设备对用电质量要求较高。为了克服这些问题，目前市场上多种稳压设备在售，目的是为了提高供电质量，减小对设备的危害。

(2) 电力用户的市场意识不断加强，对电能质量的认识也不断提高，逐步了解了供电质量对生产以及设备的危害。为了保证设备的使用寿命及生产的效率，越来越多的用户向电力部门提出了高质量供电的要求，部分用户提出了签订供电合同和质量协议的方式以获得保证。

(3) 电网公司对系统运行总效率的重视程度不断加强。随着新能源并网容量的增加以及越来越多的非线性负荷的使用，电网的谐波污染遭受严重的破坏，致使供电电压遭受严重的污染，对电力系统安全运行带来直接的或潜在的危害。例如，高效率电动机变速驱动、为降低损耗和校正功率因数而采用的并联电容补偿器，以及大量的用户电子设备等。

(4) 大电网的逐步形成，对用电可靠性的要求越来越高，提高供电质量能够促进供电可靠性的提高。随着大电网的建成，任何一个局部的故障或事件都有可能造成大面积的电网事故。从而要求供电部门在保证向用户提供优质电力的同时，还需极力避免遭受用电设备产生的电力干扰，维护电网安全运行。因此电能质量已经成为一项系统工程问题。

另一方面，关于电能质量问题也还存在许多分歧和争论，主要表现在电能质量问题发生的原因与责任上，供用电双方从认识和看法上往往存在很大的不同。例如，配电系统普遍采用和经常遇到的电容器投切操作，有可能引起暂态过电压而损坏用户设备，也可能造成用户设备掉电，此时用电方会简单地抱怨供电质量太差，以至于投诉。又如，当电网某处发生短路故障，很可能在一些负荷公共连接点出现不同程度的短时电压凹陷，其结果造成某工厂的变频驱动装置掉电。由于目前电力部门还缺少对类似现象的监测记录与统计，供电方可能会认为对该工厂的电力供应是正常的。再如，由于用户电气设备硬件老化、软件不成熟或者控

制系统不可预知的错误动作等,可能引起故障而使电能质量受到影响。美国乔治动力公司曾组织和实施了一项对电力部门和电力用户关于电能质量问题起因的测验调查。虽然对电力市场的质量调查还存在分类方法上的不同,但是调查数据清楚地表明,电力公司和电力用户对电能质量问题起因的看法有很大的分歧。尽管双方都把三分之二的事件起因归咎于自然现象,但电力用户仍然认为电力公司在这方面应负的责任比起自我测评结果要大得多。从中也可以看到,引起电能质量问题的原因有时是多方面的,因此不能简单地把某一事件只与一种特殊的起因联系起来。

综上所述,现代电网与负荷构成出现的变化是工业生产不断发展的必然结果,这有利于电力用户提高生产率并获得更大的经济效益。同时,采用高效电力负荷设备可大量节约能源、延缓用电需求,从而节省电力建设所需的大量投资。因此提高供电质量、满足生产发展的需求已经成为供用电双方共同的愿望。深入分析和研究电能质量问题,探寻在一定条件下发生电磁干扰的因果关系,明确责任和义务,是电力工业适应市场竞争和可持续发展所必须的。

1.1.2 电能质量的基本概念

电能质量是指供电部门通过公用电网供给用户端的交流电能的品质,理想状态的公用电网应以恒定的频率正弦波形和标准电压对用户供电。同时,在三相交流系统中,各相电压和电流的幅值应大小相等,相位对称且相位差均为 120° ,即理想的三相交流电系统应满足以下四个条件:

- (1) 恒定的频率 (50Hz 或 60Hz,我国采用 50Hz);
- (2) 规定的电压等级 (如配电系统一般为 220kV、110kV、35kV、10kV、380V/220V);
- (3) 完好的电压和电流波形:幅值相等,相位差均为 120° ;
- (4) 连续可靠的向负荷供电,始终保证电气设备的正常工作与运转。

上述理想供电系统的基本特性构成了供电运行对电能质量的基本要求,如图 1-1 所示。图中三个基本集合的交集之内确定了合格电能质量的指标要求,是我们将要阐述的供电系统电能质量的三个基本要素。

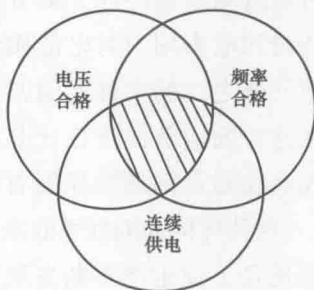


图 1-1 供电系统电能质量的基本要求

图 1-1 示意性地表明，这三项质量指标相互间存在着紧密的依存和制约关系。由于用电负荷的变化、负荷特性的差异和随机性以及电网的各种故障等多种因素，往往导致实际供电系统运行偏离理想状态，供电系统的频率和电压幅值不再保持恒定不变，三相电压出现不平衡，正弦波形发生畸变。为保证用电设备的正常工作和电力系统的安全稳定运行，并且考虑到供用电设备的电气设计额定值和供电电压的高低变化对电气设备的技术、经济指标的影响等因素，电能质量国家标准制定出了如下具体规定。

(1) 频率质量：频率标准和容许偏差。频率是整个电力系统统一的运行参数，一个电力系统只有一个频率。我国和世界上大多数国家电力系统的额定频率为 50Hz。大多数国家规定频率偏差在 $\pm (0.1 \sim 0.3)$ Hz。在我国，300 万 kW 以上的电力系统的频率偏差规定不得超过 ± 0.2 Hz；而 300 万 kW 以下的小容量电力系统的频率偏差规定不得超过 ± 0.5 Hz。

(2) 电压质量：供电电压标准及容许偏差。我国对用电单位的供电额定电压及容许偏差规定为：①低电压 220V/380V，用于照明用户时允许偏差 $-10\% \sim +5\%$ ；用于其他为 $\pm 7\%$ 。②高电压 10kV，10kV 及以下允许偏差为 $\pm 7\%$ ；对特殊用户有 35kV、110kV 供电的，允许偏差为 $\pm 5\%$ 。③220kV 及以上允许的偏差为 1.6%。

(3) 电网谐波：指电压波形的畸变。根据傅立叶变换。非正弦的电压可分解为基波（50Hz）电压和一系列高次谐波电压。总谐波电压是所有高次谐波电压的均方根值之和。我国对供电的谐波电压和电流允许值作了如下规定：①电网标称电压 380V，电压总谐波畸变率小于 5%。②电网标称电压 10kV 电压总谐波畸变率小于 4%。③电网标称电压 35kV，电压总谐波畸变率小于 3%。④电网标称电压 66kV，电压总谐波畸变率小于 3%。

(4) 电压三相不平衡：指三相电压在幅值上不相同或相位相差不是

120°。我国国家标准对电压三相不平衡的允许值为：①正常允许 2%，短时不超过 4%。②接于公共连接点的每个用户一般不超过 1.3%。

由于系统中的发电机、变压器和线路等设备非线性或不对称，负荷性质多变，加之调控手段不完善及运行操作外来干扰和各种故障等原因，这种理想的状态并不存在，因此产生了电网运行电力设备和供用电环节中的各种问题，也就产生了电能质量的概念。

国内大多数专家认为，电能质量的定义应理解为：导致用户电力设备不能正常工作的电压、电流或频率偏差，造成用电设备故障或者误动作的任何电力问题都是电能质量问题。

(1) 电压质量：是以实际电压与理想电压的偏差，反映供电企业向用户供应的电能是否合格的概念。电压质量通常包括电压偏差、电压频率偏差、电压不平衡、电压瞬变现象、电压波动与闪变、电压暂降（暂升）与中断、电压谐波、电压陷波、欠电压、过电压等。

(2) 电流质量：反映了与电压质量有密切关系的电流的变化，为了提高电能的传输效率，除了要求用户汲取的电流是单一频率正弦波形外，还应尽量保持该电流波形与供电电压同相位。电流质量通常包括电流谐波、间谐波或次谐波、电流相位超前与滞后、噪声等。

(3) 供电质量：其技术含义是指电压质量和供电可靠性，非技术含义是指服务质量，包括供电企业对用户投诉的反应速度，以及电价组成的合理性与透明度等。

(4) 用电质量：包括电流质量与反映供用电双方相互作用和影响中的用电方的权利责任和义务，也包括电力用户是否按期如数交纳电费等。

上述关于电能质量的定义与解释反映了供用电双方的相互作用和影响以及责任和义务。虽然其含义很工程化，但对理解和认识电能质量是很有实用价值的。

IEEE 标准化协调委员会已正式采用 Power Quality（电能质量）这一术语，并且给出了相应的技术定义：合格电能质量的概念是指，给敏感设备提供的电力和设置的接地系统是均适合于该设备正常工作的（在许多情况下，接地系统对电能质量有很大的影响，以往对其认识不足）。